

TẠP CHÍ



ISSN 2615 - 9910 (bản in)
ISSN 2815 - 5505 (online)

CƠ KHÍ VIỆT NAM

VIETNAM MECHANICAL ENGINEERING JOURNAL

CƠ QUAN CỦA TỔNG HỘI CƠ KHÍ VIỆT NAM

<http://cokhivietnam.vn> / tapchicokhi.com.vn

Chào mừng 100 năm
Ngày Báo chí Cách mạng Việt Nam
(21/6/1925 - 21/6/2025)



- ❖ Xây dựng mô hình mô phỏng lá nhíp ô tô bằng phương pháp phần tử hữu hạn
- ❖ Thực nghiệm đo phân bố nhiệt độ của lòng khuôn phun ép nhựa
- ❖ Nghiên cứu mô hình thử nghiệm kiểm tra hệ thống phanh khẩn cấp thang máy gia đình

Số 329, tháng 6 năm 2025

Tạp chí Cơ khí Việt Nam phát hành ngày 25 tháng 6 năm 2025



NGHIÊN CỨU – TRAO ĐỔI (10– 614)

1. PGS,TS. Phan Văn Hiếu : Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ tới độ nhám bề mặt khi gia công tia lửa điện bằng phương pháp xung định hình.....	10
2. Phạm Trọng Nhân, Phùng Trí Công, Văn Ngọc Hiệp, Đỗ Huỳnh Nhật : Thiết kế chế tạo bộ cấp phối và đập cánh quạt ly tâm bán tự động dùng trong hệ thống hút bụi và sợi thuốc lá.....	16
3. Trương Chí Công, Trần Quang Giang, Chu Văn Hiếu, Vũ Trọng Nam, Nguyễn Việt Anh : Nghiên cứu mô phỏng dòng chảy nhựa bằng phần mềm NX: so sánh cổng Pin Point và Side Gate.....	23
4. Phạm Thị Minh Huệ, Đặng Văn Đông, Trần Đăng Đức, Nguyễn Đức Dương, Nguyễn Thế Bảo, Nguyễn Chí Dũng, Nguyễn Huy Hoàng, Nguyễn Đức Long, Nguyễn Đức Thật : Thiết kế chế tạo bộ phận vận chuyển cây giống trong máy trồng chuối nuôi cấy mô.....	29
5. Đặng Quốc Vương, Lê Đức Huy, Ngô Lê Hoàng Long, Bùi Quốc Thắng, Lương Thanh Nhật : Thiết bị đo điện tim cầm tay hỗ trợ chẩn đoán bệnh từ xa.....	34
6. TS. Lê Thanh Tuấn , PGS,TS. Vũ Ngọc Tuấn , ThS. Đỗ Nhật Trường : Khảo sát ảnh hưởng của chu trình hoạt động đến tiêu hao năng lượng trên ô tô.....	40
7. Triệu Quý Huy : Tối ưu hóa thiết kế và phân tích động học cơ cấu ba bánh leo cầu thang cho xe kéo nhỏ gọn vận chuyển hàng hóa.....	46
8. Trương Minh Đức, Hoàng Đức Cường, Vũ Toàn Thắng : Nâng cao độ chính xác của hệ thống đo độ phẳng không tiếp xúc bằng công nghệ đệm khí.....	50
9. Lưu Thế Duyệt, Đồng Minh Tuấn, Khổng Văn Nguyên, Trần Bùi Bông : Ứng dụng Matlab – Simulink mô phỏng hệ thống truyền lực xe hybrid sử dụng hộp số kiểu hai chế độ	56
10. Lương Văn Tới, Huỳnh Công Lớn : Nghiên cứu sự ảnh hưởng của vị trí đầm dùi và tỉ số nén của khuôn đến chất lượng bó vỉa bê tông trong máy đúc bó vỉa hệ sử dụng đầm dùi để tạo rung động.....	64
11. Nguyễn Hoàng Long, Huỳnh Hồ Trung Tịnh, Nguyễn Duy Ánh : Điều khiển robot đa hướng ba bánh bằng phương pháp dự báo mô hình.....	73
12. TS. Ngô Gia Việt : Xây dựng mô hình toán nhằm đánh giá ảnh hưởng của quá trình uốn tới độ chính xác gia công ống thép tàu thủy.....	82
13. ThS. Nguyễn Đức Bình , ThS. Nguyễn Mạnh Chiêu : Nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dày lớp cấu cặn đến hiệu suất nhiệt của bộ trao đổi nhiệt kiểu ống vỏ.....	88
14. Nguyễn Thanh Tuấn, Khổng Văn Nguyên : Ứng dụng Matlab – Simulink mô phỏng quá trình cháy của động cơ trang bị hệ thống phun nhiên liệu Commonrail.....	93
15. ThS. Vũ Huy Khôi , ThS. Mai Văn An , ThS. Tạ Bá Dũng : Nghiên cứu ảnh hưởng của lỗ trích khí đến hoạt động của máy tự động trên súng trường STR406.....	99
16. KS. Đỗ Văn Tinh , ThS. Nguyễn Tuấn Hưng : Tối ưu hóa cấu trúc của cánh tay robot năm bậc tự do bằng phương pháp mô phỏng phân tích.....	103
17. ThS. Lê Huỳnh Đức , ThS. Vũ Văn Thi , ThS. Nguyễn Tuấn Hưng : Xây dựng mô hình mô phỏng lá nhíp ô tô bằng phương pháp phần tử hữu hạn.....	107
18. TS. Phạm Thị Thủy , ThS. Nguyễn Sơn Tùng : Lựa chọn vật liệu chế tạo răng cắt phá hủy đất đá sử dụng tại các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh.....	111

19. Nguyễn Thành Trung: Phân tích các tình huống đâm va trong hàng hải và các bài học kinh nghiệm dựa trên quy tắc COLREGs 72.....	116
20. Nguyễn Thế Lương: Nghiên cứu ảnh hưởng của tuổi đời xe và chế độ bảo dưỡng đến chất lượng phát thải của xe máy phun xăng điện tử đang lưu hành.....	122
21. Nguyễn Trường Giang, Nguyễn Hồng Lĩnh: Thiết kế bộ điều khiển PD cho hệ phi tuyến và nhiều biến ứng dụng cho robot công nghiệp.....	130
22. Phạm Đức Thiên, Nguyễn Thanh Tùng: Xây dựng mô hình toán để tạo hình biên dạng rotor CIC bơm roots.....	135
23. Nguyễn Quốc Toàn, Bùi Thanh Hương: Nghiên cứu xây dựng mô hình ma-nơ-canh ảo từ dữ liệu quét 3D ứng dụng trong thiết kế và thử sửa mẫu ảo.....	140
24. Tăng Bá Đại, Nguyễn Thị An Khang, Ngô Phi Hùng, Lê Thế Quốc Hưng: Ảnh hưởng tốc độ vòng quay động cơ diesel HINO XZU650 đến nồng độ phát thải khí xả.....	147
25. Lê Trạch Trường, Vũ Trần Hoàng, Nguyễn Văn Minh, Phí Hoàng Trình: Nghiên cứu mô phỏng quá trình phanh tái sinh trên xe VF3.....	152
26. Trần Văn Mạnh: Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến khả năng gia công vật liệu da bằng phương pháp dây nóng.....	158
27. Nguyễn Tiến Dũng: Tối ưu hóa đa mục tiêu quá trình gia công vi-EDM vật liệu Ti6Al4V bằng điện cực WC sử dụng phương pháp Taguchi – TOPSIS.....	162
28. Nguyễn Văn Mùi: Tự động hóa quá trình thiết kế thiết bị cấp phôi tự động theo nguyên lý rung động.....	165
29. Trần Văn Mạnh: Tối ưu hóa đa mục tiêu quá trình gia công da bằng dây nóng sử dụng phương pháp Taguchi – DEAR.....	172
30. Vũ Tiến Đại, Hoàng Trần Đăng, Đỗ Hoàng Lâm, Đỗ Tuấn Anh, Trần Đức Nghĩa: Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số vận hành đến đặc tính hoạt động của hệ thống truyền lực trên ô tô điện.....	176
31. Nguyễn Thành Đông: Sai số phi tuyến chu kỳ trong giao thoa kế heterodyne sửa đổi trong phép đo dịch chuyển nhỏ.....	183
32. Nguyễn Thành Đông: Hiệu chỉnh phép đo pha và dịch chuyển trong giao thoa kế homodyne điều biến tần số.....	188
33. Nguyễn Tiến Huy, Vũ Minh Hùng, Đỗ Thế Vinh: Nghiên cứu cấu trúc tế vi liên kết hàn giáp mối thép A572-GRADE 50 cho trụ điện gió tại Việt Nam bằng quá trình hàn GMAW.....	194
34. Luyện Văn Hiếu, Trần Mạnh Duy, Nguyễn Đình Hạnh: Mô phỏng hệ thống truyền lực thu hồi năng lượng trên xe lu bánh lốp.....	200
35. Đinh Mai Hương, Lê Thị Lành: Ảnh hưởng của thông số công nghệ may đến độ bền và độ giãn đứt đường may 514 trên vải dệt kim single.....	208
36. PGS, TS. Đinh Văn Thắng: Ứng dụng thuật toán logic trong xác định pha chạm đất cho lưới điện trung áp mở.....	216
37. Nguyễn Thị Ngọc Huyền: Mô phỏng điều khiển hệ thống phun PU trong sản xuất tôn 5 sóng với TIA Portal.....	221
38. Võ Ngọc Anh Tuấn, Vũ Hoàng Thái Duy, Lê Trung Hòa: Thiết kế và chế tạo máy in 3D – FDM tốc độ cao.....	226
39. Nguyễn Thành Trung: Đánh giá độ chính xác của panme đầu đo chữ V thông qua so sánh với máy đo tọa độ.....	232
40. Bùi Trọng Hiếu, Trần Thị Kiều My, Huỳnh Hữu Nghị: Nghiên cứu ảnh hưởng của thông số công nghệ đến độ chính xác của sản phẩm Green Part trong công nghệ in 3D kim loại theo phương pháp Extrusion-based Additive.....	238

41. Nguyễn Thị Ngọc Huyền, Lê Đức Bảo: Nghiên cứu mô hình thử nghiệm kiểm tra hệ thống phanh khẩn cấp thang máy gia đình.....	248
42. Hoàng Trọng Trần Huy: Điều độ động tàu vào bến cảng container bằng giải thuật Local Search.....	254
43. Lê Hoàng Bảo, Trần Nguyên Duy Phương, Nguyễn Văn Thành, Trương Quốc Thanh, Đinh Trường Hoàng Vinh: Thiết kế thiết bị hỗ trợ điều trị phục hồi chức năng chi trên và chi dưới cho bệnh nhân sau đột quỵ não.....	262
44. Lê Bảo Việt, Nguyễn Tiến Dũng, Vũ Đình Hoan, Nguyễn Đình Dương, Trương Văn Thuận: Nghiên cứu ứng dụng bộ điều khiển PID vào hệ thống treo bán tích cực nhằm nâng cao độ êm dịu của ô tô.....	268
45. Nguyễn Văn Quang, Phạm Sơn Minh, Quách Văn Thiêm, Nguyễn Văn Mang: Nghiên cứu quá trình biến dạng tạo lỗ trên thân ống hình trụ phục vụ liên kết hàn ống rẽ nhánh.....	274
46. Trần Nhật Quang, Hồ Xuân Thành, Nguyễn Hà, Lê Thanh Tùng: Thực nghiệm chế tạo mẫu liên kết hai lớp vật liệu bằng phương pháp ép ở nhiệt độ cao.....	282
47. Vy Lăng Thiên Phước, Nguyễn Tiến Dũng, Trần Thanh Thuởng, Nguyễn Trà Kim Quyên: Nghiên cứu chế tạo mô hình giải nhiệt dạng lớp cho lòng khuôn với sản phẩm dạng lõm.....	290
48. Nguyễn Tấn Đạt, Trần Thanh Lam, Huỳnh Nguyễn Hoàng, Lê Thanh Tùng: Thực nghiệm đo nhiệt độ lòng khuôn dạng phẳng.....	298
49. Nguyễn Sỹ Huy, Nguyễn Phan Anh, Huỳnh Quang Duy, Phan Thanh Nhân: Ảnh hưởng của các thông số đến kích thước đường hàn.....	305
50. Nguyễn Hoàng Vũ, Nguyễn Phan Anh, Phan Thanh Nhân, Vũ Quang Huy: Nghiên cứu ảnh hưởng của thông số chần đến bán kính cong của ống.....	313
51. Trần Quang Vinh, Nguyễn Hà, Lê Thanh Tùng, Phan Thanh Nhân: Chế tạo các mẫu thử độ bền uốn bằng phương pháp hàn TIG.....	321
52. Nguyễn Thuỳ Diễm Quyên, Trần Thanh Thuởng, Vũ Quang Huy, Đỗ Văn Đại: Chế tạo tấm khuôn bằng phương pháp tạo hình theo lớp.....	328
53. Nguyễn Văn Hoàng Long, Nguyễn Khắc Nhân, Đỗ Văn Hiến, Âu Thị Kim Loan: Thử nghiệm module giữ và chần ống kim loại.....	335
54. Phạm Đức Toàn, Nguyễn Hà, Huỳnh Quang Duy, Nguyễn Văn Sơn: Nghiên cứu dự đoán ứng suất kéo của kết cấu dạng lattice.....	341
55. Lê Vũ Quang Huy, Hồ Sỹ Hùng, Nguyễn Trọng Hiếu, Nguyễn Hải Hoàn: Nghiên cứu thực nghiệm hàn thép tấm ở vị trí đầu mí.....	349
56. Nguyễn Quốc Đoàn, Nguyễn Lê Tường, Đỗ Văn Hiến, Phan Thanh Nhân: Thực nghiệm chế tạo chi tiết dạng tấm bằng phương pháp chần.....	357
57. Võ Nguyễn Anh Tú, Nguyễn Văn Sơn, Hoàng Trọng Nghĩa, Tạ Nguyễn Minh Đức: Dự đoán đường cong ứng suất uốn.....	366
58. Nguyễn Văn Mạnh, Nguyễn Trà Kim Quyên, Trần Thanh Lam, Nguyễn Văn Sơn: Nghiên cứu thực nghiệm độ bền uốn của liên kết hàn thép tấm dạng đầu mí.....	373
59. Luu Anh Tung, Hoang Van Got, Do The Vinh, Vu Ngoc Pi, Hoang Anh Toan: MRR optimization in Nano-MQL milling of hardened 90CrSi tool steel using CUO nanoparticles.....	380
60. Phạm Sĩ Hưng, Nguyễn Lê Tường, Huỳnh Quang Duy, Vũ Quang Huy: Quy trình tạo mẫu và thử nghiệm độ bền cho mẫu hàn liên kết dạng đầu mí.....	388
61. Nguyễn Dương Quang Huy, Tạ Nguyễn Minh Đức, Huỳnh Quang Duy, Nguyễn Văn Sơn: Nghiên cứu ứng dụng phương pháp in 3D từ vật liệu lỏng trong chế tạo chi tiết có kết cấu dạng lattice.....	394
62. Nguyễn Hữu Phước, Trương Minh Trí, Nguyễn Lê Tường, Nguyễn Hải Hoàn: Thiết kế module hàn thép.....	403

63. Trần Xuân Hoàng, Nguyễn Văn Tú, Nguyễn Quang Sáng, Tạ Nguyễn Minh Đức: Nghiên cứu chế tạo chi tiết chịu uốn có dùng kết cấu lattice.....	412
64. Hồ Minh Trí, Dương Văn Linh, Nguyễn Văn Tú, Trần Thanh Lam: Thực nghiệm nhiệt độ của lòng khuôn âm với các thông số gia nhiệt khác nhau.....	419
65. Lê Đức Thắng, Trần Thanh Thuởng, Trần Thanh Lam, Nguyễn Quang Sáng: Thực nghiệm đo phân bố nhiệt độ của lòng khuôn phun ép nhựa.....	426
66. Huỳnh Văn An, Trần Thế San, Đỗ Văn Hiến, Nguyễn Trà Kim Quyên: Phân bố nhiệt độ của lòng khuôn dương với các thông số gia nhiệt khác nhau.....	434
67. Nguyễn Thị Thúy Ngọc, Đinh Thị Xuân, Ngô Chí Trung: Đặc trưng xoắn và kéo đứt của một số mẫu chỉ may thông dụng trên thị trường Việt Nam.....	440
68. TS. Phạm Thanh Nhựt: Thực nghiệm khảo sát ảnh hưởng của kết cấu vách đến tổn thất nhiệt của hầm bảo quản lạnh trên tàu cá vỏ gỗ.....	445
69. Nguyễn Thị Bích Hậu, Đỗ Đức Thành: Nghiên cứu sử dụng hệ thống điều khiển phụ tải bằng sóng đề điều chỉnh dung lượng bù phân tán lưới trung áp 35kV nhằm giảm tổn thất điện năng.....	452
70. Đỗ Thị Kim Liên, Nguyễn Duy Chiến: Tích hợp phương pháp Entropy và phương pháp RAM (phương pháp đánh giá gốc) để tối ưu đa mục tiêu quá trình mài thép SKD11....	458
71. Trần Đức Toàn: Nghiên cứu xây dựng phương pháp bổ sung lượng bù do biến dạng đàn hồi cho thuật toán xác định lượng bù sai số vị trí của vít me – đai ốc bi.....	470
72. Trần Lâm: Nghiên cứu công nghệ sửa chữa đầu chốt nối cánh tuabin hơi nước thép không gỉ AISI 422SS bằng công nghệ in 3D laser bột.....	470
73. Nguyễn Anh Tuấn: Mô phỏng khe hở đầu cánh tuabin sử dụng khoang lõm kết hợp gân.....	478
74. PGS, TS. Phan Văn Hiếu: Thiết kế, chế tạo mô hình máy ép bánh trung thu sử dụng vi điều khiển Arduino Nano.....	488
75. Trần Trọng Tuấn, Nguyễn Hoàng Vũ, Vũ Ngọc Khiêm: Thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ tuần hoàn khí thải (%EGR) đến các chỉ tiêu kinh tế, năng lượng, môi trường của động cơ diesel Hyundai D4CB 2.5 TCI-A.....	495
76. Nguyễn Vũ Cường, Phạm Minh Hiếu, Đỗ Đức Thành, Phạm Thị Tuyết Thanh, Đặng Quốc Vương: Tính toán, mô phỏng biến dạng và lực tác động lên vỏ máy biến áp công suất lớn bằng phương pháp phần tử hữu hạn.....	502
77. PGS, TS. Phan Văn Hiếu: Nghiên cứu ảnh hưởng của điện áp đánh lửa (U) đến độ nhám bề mặt khi xung thép C45 bằng điện cực Graphit trên máy xung định hình CNC (P26+E30) – MAXSEE.....	507
78. Trần Minh Thúy: Mô hình hóa động học robot tác hợp gia công cơ khí.....	514
79. Nguyễn Văn Thanh, Nguyễn Hữu Lộc: Ứng dụng phân tích phần tử hữu hạn để trực quan hóa trường ứng suất-biến dạng nhằm tìm biện pháp nâng cao độ bền mỏi của chi tiết máy.....	521
80. Võ Thanh Hòa, Nguyễn Phan Thanh Hào, Nguyễn Hữu Lộc: Nghiên cứu các nhân tố ảnh hưởng đến độ bền tiếp xúc bánh răng nhựa sử dụng phương pháp Taguchi.....	528
81. Trần Văn Lợi, Nguyễn Hùng Mạnh, Trần Xuân Nhã: Nghiên cứu ứng dụng MPC-LTI cho điều khiển chuyển làn xe tự hành.....	536
82. Nguyễn Hùng Mạnh: So sánh các cấu hình truyền lực Ô tô Hybrid (HEV).....	542
83. ThS. Đỗ Hữu Tuấn, ThS. Phùng Công Dũng: Ứng dụng phần mềm WorkingModel phân tích động lực học của cầu trục một dầm.....	549
84. Hoàng Minh Tuấn: Ổn định của vòng đàn hồi chịu tải trọng thủy tĩnh.....	554
85. Trương Việt Anh, Lê Thị Thái: Khảo sát ảnh hưởng của xâm thực trong khai thác vận hành chân vịt seri B bằng phương pháp quan sát vết sơn.....	559

86. Bui Van Binh: Numerical buckling analysis of laminated composite wing-shaped plates with box-type stiffeners under uniform compression.....	565
87. Bui Van Binh, Pham Hai Trinh: Free vibrational and buckling analysis of C-section laminated composite beam.....	572
88. Le Xuan Thuy: Dynamic analysis of stiffened shallow shell on nonlinear elastic supports subjected to blast loading.....	579
89. Van-Thanh Ngo: Vibration analysis of a rotor system supported by nonlinear hydrodynamic bearings.....	584
90. Tran Quoc Hung, Hoang Van Got, Do The Vinh, Vu Ngoc Pi, Hoang Anh Toan: Surface roughness modeling and parameter influence in Nano-MQL milling process.....	590
91. Truong Thi Thu Huong, Vu Trung Tuyen, Nguyen Thi Quoc Dung, Le Thi Phuong Thao: Surface roughness optimization in EDM considering graphite electrode type using Gaussian process regression.....	598
92. Hung Quach, Nguyen Hong Linh, Le Ha An: Strain localization and fracture strain path in a high-strength 7075 aluminum alloy.....	605
93. Vo Ngoc Anh Tuan, Nguyen Duc Nhan, Phan Xuan Vu Kha: Fabricate a soft robotic actuator using FDM 3D printing.....	609

DOANH NGHIỆP – DOANH NHÂN (615 – 616)

LILAMA 10 – Ghi dấu ấn quan trọng tại dự án Thủy điện Hòa Bình mở rộng.....	615
---	-----

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN PHỤ TẢI BẰNG SÓNG ĐỂ ĐIỀU CHỈNH DUNG LƯỢNG BÙ PHÂN TÁN LƯỚI TRUNG ÁP 35KV NHẪM GIẢM TỔN THẤT ĐIỆN NĂNG

RESEARCH ON USING RIPPLE CONTROL SYSTEM TO ADJUST DISTRIBUTED COMPENSATION CAPACITY OF 35KV MEDIUM VOLTAGE GRID TO REDUCE ELECTRICITY LOSS

Nguyễn Thị Bích Hậu*, Đỗ Đức Thành

Khoa Cơ - Điện, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

*Email: hauhumg123@gmail.com

TÓM TẮT

Quá trình bù công suất phản kháng trong mạng lưới điện với phương pháp bù phân tán mang lại hiệu quả tốt hơn thay vì bù tập trung tại một vị trí. Hiệu quả tối ưu phụ thuộc vào việc xác định dung lượng bù, vị trí đặt hợp lý theo thông số phụ tải thực tế của mạng lưới điện. Quá trình thu thập dữ liệu phụ tải và thực hiện quá trình điều khiển đóng-cắt dung lượng bù có thể được thực hiện bằng hệ thống điều khiển phụ tải bằng sóng (Ripple Control). Bài báo này sử dụng thuật toán điều khiển tính toán dung lượng bù theo suất giảm chi phí tổn thất công suất và thời gian thu hồi vốn đầu tư nhằm giảm tổn thất trong mạng lưới điện đến mức tối thiểu. Lưới trung áp 35kV vùng Ưông Bí, Quảng Ninh được khảo sát và kiểm nghiệm cho hiệu quả của quá trình đóng-cắt dung lượng bù.

Từ khóa: Bù công suất phản kháng; Điều khiển bằng sóng; Lưới trung áp; Tổn thất điện năng.

ABSTRACT

The process of compensating reactive power in the power grid with the distributed compensation method brings better efficiency than centralized compensation at one location. The optimal efficiency depends on determining the compensation capacity and the appropriate location according to the actual load parameters of the power grid. The process of collecting load data and implementing the process of controlling the opening-closing of compensation capacity is executed by the ripple control system (Ripple Control). This paper uses the control algorithm to calculate the optimal compensation capacity according to the power cost reduction rate and the investment recovery time to minimize losses in the power grid. The 35kV medium-voltage grid in Uong Bi, Quang Ninh, is surveyed and tested for the efficiency of the closing-opening of compensation capacity.

Keywords: Reactive power compensation; Ripple control; Medium voltage grid; Power loss.

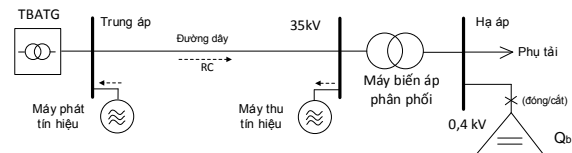
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vấn đề sử dụng hiệu quả và tiết kiệm năng lượng hiện nay đang được quan tâm khi mà các nguồn năng lượng sơ cấp ngày càng cạn kiệt. Theo chương trình quản lý nhu cầu điện (Demand Side Management - DSM) điều khiển phụ tải trực tiếp sao cho hiệu quả và kinh tế, phù hợp với khả năng cung cấp của nguồn điện luôn là một giải pháp được ưu tiên hàng đầu.

Ứng dụng của hệ thống điều khiển phụ tải bằng sóng (Ripple Control - RC) [2] trong việc tiết kiệm năng lượng đối với các hệ thống như điều khiển linh hoạt hệ thống chiếu sáng công cộng, điều khiển giá điện cho công tơ nhiều giá, hệ thống thu thập dữ liệu và điều khiển giám sát từ xa (SCADA), sử dụng kênh truyền thông tin RC để điều khiển đóng - cắt các phụ tải điện từ trung tâm điều khiển... Quá trình nghiên cứu về lý thuyết và phân tích khả năng ứng dụng của công nghệ điều khiển phụ tải bằng sóng chưa được xem xét đầy đủ, đặc biệt là áp dụng điều chỉnh nhu cầu tiêu thụ điện của phụ tải DSM để đóng-cắt dung lượng bù nhằm giảm tổn thất năng lượng trong lưới trung áp.

Bài toán bù công suất phản kháng là giải pháp phổ biến để giảm tổn thất điện năng và đảm bảo chất lượng điện áp trong mạng lưới điện [1], [4], [5], [6], [8], [9]. Hiệu quả bù phụ thuộc vào tham số của mạng, dung lượng bù và vị trí đặt của thiết bị bù [4], [5]. Thông số của tải thay đổi liên tục theo thời gian trong ngày, nên việc đặt bù với dung lượng bù cố định không mang lại hiệu quả cao [6]. Do đó, việc thu thập số liệu phụ tải thời gian thực và tính toán lại vị trí bù hợp lý là một yêu cầu cấp thiết. Quá trình này có thể được sử dụng hệ thống điều khiển phụ tải bằng sóng (Ripple Control - RC).

Sơ đồ nguyên lý ứng dụng hệ thống điều khiển phụ tải bằng sóng trên đường dây trung áp được đưa ra trên Hình 1. Trong đó, hệ thống thông tin tải ba (Power Line Carrier - PLC) sử dụng sóng cao tần mang thông tin điều khiển (RC) xếp chồng với dạng sóng điện áp trên đường dây tải điện [2]. Phía trạm biến áp phân phối (35kV/0,4kV) nhận tín hiệu điều khiển từ trạm biến áp trung gian (TBATG) thực hiện chức năng đóng-cắt dung lượng bù để đạt được tối thiểu hóa mức tổn thất công suất (tổn thất điện năng) trên mạng lưới điện.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý hệ thống điều khiển phụ tải bằng sóng RC

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Bài toán bù công suất phản kháng

Quá trình bù công suất phản kháng được thực hiện phân tán tại các vị trí khác nhau trong mạng lưới điện. Nguyên tắc bù:

$$\frac{\partial \delta P}{\partial Q_b} = \frac{\partial (\Delta P_1 - \Delta P_2)}{\partial Q_b} = 0$$

Với ΔP_1 , ΔP_2 - Tổn thất công suất trong lưới điện trước và sau khi bù, từ đó tính ra dung lượng bù $Q_b(t)$. Khi thông số phụ tải của lưới thay đổi theo thời gian trong ngày, trị số dung lượng bù cần phải thay đổi tương ứng để đạt hiệu quả bù cao nhất [6].

Với sơ đồ tính toán cho mạng lưới điện hình tia như trên Hình 2, kết quả bù tối ưu với dung lượng bù tại nút j được xác định theo công thức như sau:

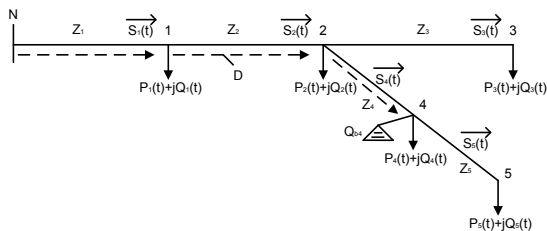


$$Q_{bj} = \frac{\sum_{i \in D} R_i Q_i}{\sum_{i \in D} R_i}$$

Trong đó: R_i là trị số điện trở của các dây dẫn trên đường đi (D) từ nguồn đến nút bù j [7].

2.2. Xác định vị trí, dung lượng bù tối ưu theo suất giảm chi phí tổn thất và thời gian thu hồi vốn đầu tư

Khi thực hiện bù công suất phản kháng, suất giảm chi phí tổn thất của thiết bị bù β là lợi nhuận thu được do giảm tổn thất khi bù 1 đơn vị công suất phản kháng: $\beta = \partial \Delta C / \partial \Delta Q_b$, đồng/kVar.năm [3]. Với hàm lợi nhuận: $\Delta C = g \cdot \tau \cdot \delta P$, với g - Giá bán điện, τ - Thời gian tổn thất công suất lớn nhất, δP - Độ giảm tổn thất công suất do đặt thiết bị bù [3]. Thời gian thu hồi vốn T_{th} cần thiết của thiết bị bù đặt tại nút j được xác định theo công thức sau:



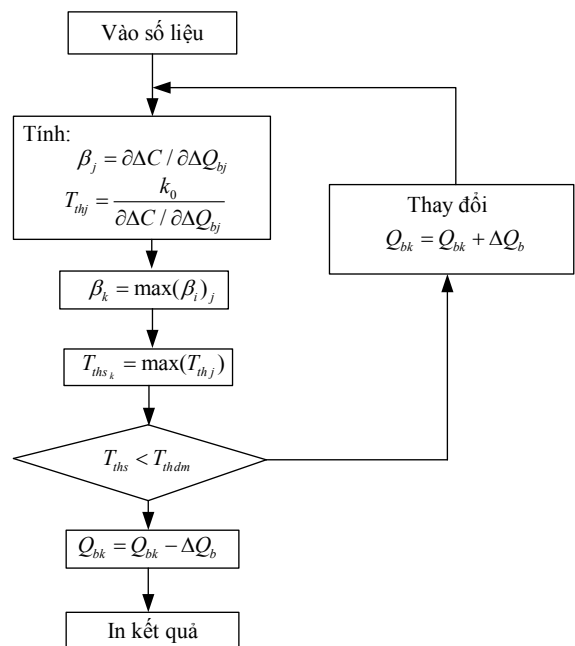
Hình 2. Sơ đồ hình tia có bù công suất phản kháng Q_b

Với: k_0 - Suất vốn đầu tư cho một đơn vị công suất bù đặt thêm (đồng/kVar) [3].

Nhận thấy, hiệu quả của lượng công suất bù đặt thêm sẽ giảm dần đến 0 tại một giá trị $Q_{bù} = Q_{b\max}$, khi bù lớn hơn trị số này không những tổn thất không giảm mà còn bị tăng thêm ($\beta < 0$). Khi bù tại nhiều nút thì hiệu quả bù tại các nút khác bị giảm đi và hiệu quả bù tổng thể chỉ nhận được trong một phạm vi nhất định [3]. Do đó, trước hết cần xác định hiệu quả bù cho tất cả các nút và tìm ra vị trí nút có hiệu quả bù cao nhất.

Tính toán dung lượng bù theo nấc tại các vị trí có hiệu quả bù cao nhất cho đến khi thời gian thu hồi vốn bằng thời gian định mức.

Sơ đồ thuật toán tính toán dung lượng bù cho các nút đảm bảo thời gian thu hồi vốn đầu tư nhỏ hơn một thời hạn quy định được đưa ra trên Hình 3. Trong đó cần xác định nút k có hiệu quả bù cao nhất (lớn nhất) và nút s có thời gian thu hồi vốn T_{ths} lớn nhất (kém hiệu quả nhất) [3]. Tiến hành tăng thêm dung lượng bù cho nút k (nút hiệu quả bù cao nhất) một lượng ΔQ_b và quay lại thực hiện bước 1 cho đến khi $T_{ths} \geq T_{thdm}$.



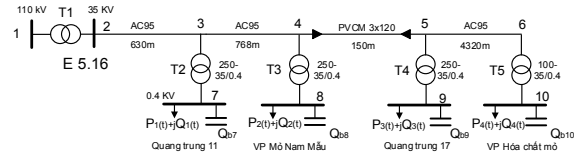
Hình 3. Sơ đồ thuật toán tính toán dung lượng bù tối ưu

3. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Đối tượng nghiên cứu

Sơ đồ nghiên cứu tính toán bù lưới trung áp 35kV vùng Ưông Bí, Quảng Ninh cho trên Hình 4. Thông số về các máy biến áp và đường dây được cho trong Bảng 1 và Bảng 2 tương

ứng. Số liệu về phụ tải phía hạ áp $P_i(t)$, $Q_i(t)$ được thu thập theo thời gian thực sử dụng hệ thống điều khiển phụ tải bằng sóng (RC) trên đường dây tải điện trung áp 35kV [2]. Quá trình điều chỉnh dung lượng bù tại các nút tải hạ áp theo thuật toán ở trên nhằm giảm tổn thất công suất trong mạng lưới điện trung áp.



Hình 4. Sơ đồ nguyên lý lưới trung áp 35kV

Bảng 1. Thông số về máy biến áp

TT	MBA	U_{dm} , kV	S_{dm} , kVA	U_C , kV	U_H , kV	$U_{n.C-H}$, %	P_{Cu} , kW	P_{Fe} , kW	I_0 , %
1	Trạm 110kV	110	10000	115	35	10,5	60	14	0,9
2	Quang Trung 11	35	250	35	0,4	4,5	4,1	0,68	7,5
3	VP Mô Nam Mẫu	35	250	35	0,4	4,5	4,1	0,68	7,5
4	Quang Trung 17	35	250	35	0,4	4,5	4,1	0,68	7,5
5	VP Hóa chất mỏ	35	100	35	0,4	6,5	2,4	0,9	8,0

Bảng 2. Thông số về đường dây

STT	Nút đầu	Nút cuối	Loại dây	L (km)	R_0 , Ω/km	X_0 , Ω/km
1	2	3	AC95	0,63	0,31	0,384
2	2	4	AC95	0,768	0,31	0,384
3	4	5	PVCM 3x120	0,15	0,153	0,12
4	5	6	AC95	0,432	0,31	0,384

3.2. Xác định vị trí và dung lượng bù hợp lý

Ứng dụng hệ thống điều khiển phụ tải bằng sóng thu thập số liệu công suất tải phía hạ áp $P_i(t)$, $Q_i(t)$. Thông số phụ tải thay đổi theo thời gian giả định như trong Bảng 3. Dựa trên thông số sơ đồ nghiên cứu, thực hiện mô phỏng và tính toán tối ưu dung lượng bù theo thuật toán nêu ở trên sử dụng phần mềm mô phỏng CONUS [3] theo suất giảm chi phí tổn thất và thời gian thu hồi vốn khi đặt thiết bị bù.

Bảng 3. Bảng thông số phụ tải giả định theo thời gian

TT	%Smax	MBA T1		MBA T2		MBA T3		MBA T4	
		$P_1(t)$	$Q_1(t)$	$P_2(t)$	$Q_2(t)$	$P_3(t)$	$Q_3(t)$	$P_4(t)$	$Q_4(t)$
0h - 8h	30	36	42	45	54	30	36	18	24
8h - 16h	70	84	98	105	126	70	84	42	56
16h - 20h	100	120	140	150	180	100	120	60	80
20h - 24h	70	84	98	105	126	70	84	42	56



Các thông số kinh tế bù tối ưu: Giá bán điện bình quân là 2100 đ/kWh; thời gian tổn thất công suất lớn nhất là 4000h; giá thiết bị bù cấp 0,4kV là 500 nghìn đồng/kVAR; dung lượng đặt bù là 50kVAR; định mức thời gian thu hồi là 5 năm. Các phụ tải tiêu thụ được xem xét tại thời điểm có giá trị cực đại (tải 100% công suất lớn nhất). Kết quả phân tích hiệu quả bù bằng phần mềm CONUS [3] như sau:

PHÂN TÍCH HIỆU QUẢ BÙ

Nút	Suất giảm CP tổn thất (ng.đồng/kVar.năm)	Thời gian thu hồi vốn (năm)
7	0.0	-
8	168.0	0.00
9	1176.0	0.00
10	1176.0	0.00

Từ kết quả phân tích hiệu quả bù nhận thấy là nút 9 và nút 10 có hiệu quả bù cao nhất (suất giảm chi phí tổn thất lớn nhất, 1176 nghìn đồng/kVAR.năm) nên tiến hành tính toán dung lượng bù tối ưu tại hai vị trí này. Kết quả tính toán dung lượng bù như sau:

KẾT QUẢ TÍNH DUNG LƯỢNG BÙ

Nút	Điện áp nút (kV)	Q _b (MVar)	Suất vốn đầu tư (ng.đ/kVar)	Vốn đầu tư (tr.đ)
-				
9	0.40	0.500	500.0	25.0
10	0.40	0.000	500.0	0.0

* Tổng dung lượng bù toàn lưới: 0.050 MVar
 * Tổn thất công suất trước bù: 0.027 MWh
 * Tổn thất công suất sau bù: 0.025 MWh
 * Thời gian tổn thất CS: 4000 h
 * Tổn thất diện năng giảm: 8.000 MWh/năm
 * Giá bán điện bình quân: 2100 đ/kWh
 * Tổng vốn đầu tư: 25.000 tr.đồng
 * Thời gian thu hồi vốn: 1.49 năm

Nhận thấy dung lượng bù tổng 50kVAR có hiệu quả bù tốt nhất là toàn bộ đặt tại vị trí nút 9 với 50kVAR và dung lượng bù cho nút 10 là 0kVAR. Khi đó các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật như sau: tổn thất công suất trong lưới giảm 2MWh, tổn thất điện năng giảm 8000MWh/năm, tổng vốn đầu tư cho việc bù tại nút 9 là 25 triệu đồng, thời gian thu hồi vốn đầu tư cần thiết theo tính toán là cần 1,49 năm.

Trong quá trình vận hành, công suất tải tại vị trí các nút thay đổi theo thời gian (0h - 24h) với mức tải giả định là 30%, 70%, 100% công suất cực đại (Bảng 3). Mặc dù đã xác định được vị trí nút có hiệu quả bù cao nhất theo suất giảm chi phí tổn thất của thiết bị bù là nút 9, cần phải tính toán được dung lượng bù hợp lý khi tải biến động. Đối với sơ đồ nghiên cứu, tiến hành bù tại nút 9 với dung lượng bù theo từng nấc bù là 0, 10, 20, 30, 40, 50kVAR; kết quả tổn thất công suất trong lưới được tổng hợp trong bảng sau:

Bảng 4. Tổn thất công suất phụ thuộc tải

Q _b , kVAR	Tổn thất công suất, kW		
	Tải 30%	Tải 70%	Tải 100%
0	17	22	27
10	18	23	33
20	18	15	27
30	12	22	27
40	18	21	27
50	18	21	20

Qua bảng kết quả tính tổn thất công suất nhận thấy: khi phụ tải làm việc với tỷ lệ 30%, 70%, 100% tải cực đại thì tổn thất công suất cực tiểu ở mức bù Q_b = 30kVAR, 15kVAR, 20kVAR tương ứng. Từ biểu thức tính tổn thất điện năng, ta xác định tổn thất điện năng trước khi bù: $\Delta A_1 = 17 \cdot 8 + 22 \cdot 8 + 27 \cdot 4 + 22 \cdot 4 = 508$ (kWh/ngày) và tổn thất điện năng sau khi bù: $\Delta A = 12 \cdot 8 + 15 \cdot 8 + 20 \cdot 4 + 15 \cdot 4 = 356$ (kWh/ngày).

Chênh lệch tổn thất điện năng sau khi đặt thiết bị bù: $\delta A = \Delta A_1 - \Delta A_2 = 508 - 356 = 152$ (kWh/ngày).

Như vậy, sau khi bù công suất tác dụng theo dạng bậc thang thì ta giảm được đáng kể tổn thất công suất và tổn thất điện năng, ví dụ với sơ đồ nghiên cứu giảm tổn thất điện năng được 152 kWh/ngày, giảm gần 30% so với khi không tiến hành đặt bù. Đối với sơ đồ lưới điện trung áp nghiên cứu, khi chỉ đặt bù tại vị trí phường Quang Trung 17 (nút số 9 trên Hình 4) thì công suất đặt của thiết bị bù để đạt được tổn thất công suất trong lưới nhỏ nhất như sau:

- + Từ 0h đến 8h, thiết bị bù vận hành ở mức $Q_b = 30\text{kVAr}$.
- + Từ 8h đến 16h, tải tăng lên, chuyển thiết bị bù vận hành ở mức $Q_b = 20\text{kVAr}$.
- + Từ 16h đến 20h, tải tăng lên chuyển vận hành thiết bị bù ở mức $Q_b = 50\text{kVAr}$.
- + Từ 20h đến 24h, tải giảm đi, cần chuyển mức bù với $Q_b = 20\text{kVAr}$.

3.3. Cài đặt điều khiển tối ưu bằng hệ thống Ripple Control

Các bước thực hiện điều khiển đóng-cắt dung lượng bù tại các nút tải hạ áp sử dụng hệ thống điều khiển phụ tải bằng sóng nhằm giảm tổn thất điện năng trong lưới trung áp như sau:

B1: Thu thập thông tin về công suất tải hạ áp theo thời gian thực tế [2].

B2: Xác định vị trí có hiệu quả bù cao nhất và dung lượng bù tối ưu bằng thuật toán ở trên sử dụng phần mềm CONUS [3].

B3: Điều chỉnh dung lượng bù theo thời gian sử dụng hệ thống RC.

B4: Lặp lại quy trình trên cho các khoảng thời gian trong ngày (0h-24h).

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã tập trung nghiên cứu bài toán tìm vị trí và dung lượng bù tốt nhất của thiết bị bù trong lưới trung áp. Chỉ tiêu suất giảm chi phí tổn thất và thời gian thu hồi vốn đầu tư được xác định để đánh giá hiệu quả bù công suất phản kháng. Khi thu thập được số liệu cấu trúc các phần tử của mạng lưới điện, phụ tải biến thiên theo thời gian thực sẽ xác định được dung lượng bù hợp lý nhất. Qua những kết quả tích cực mang lại được trích xuất từ mô hình nghiên cứu, kiến nghị ứng dụng hệ thống điều khiển phụ tải bằng sóng RC để đóng cắt dung lượng bù nhằm giảm tổn thất điện năng trong lưới trung áp. ❖

Ngày nhận bài: 06/5/2025

Ngày phản biện: 21/5/2025

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Bùi Anh Tuấn (2022), “Nâng cao chất lượng điện áp tại các phụ tải ngành công nghiệp bằng hệ thống phân tán điều khiển tập trung đối với thiết bị bù công suất phản kháng”. Tạp chí Khoa học Khoa học và Công nghệ, tập 58, số 4, trang 22-28.
- [2]. Đào Xuân Tiên, Nguyễn Thị Huyền Thanh, Nguyễn Xuân Trường (2024), “Nghiên cứu, thiết kế hệ thống điều khiển giám sát phụ tải điện từ xa phục vụ quản lý nhu cầu điện”. Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam, tập 22, số 6, trang 778-788.
- [3]. Lê Văn Út (2010), “Hướng dẫn sử dụng chương trình tính toán phân tích chế độ xác lập của hệ thống điện CONUS”. Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, trang 1-62.
- [4]. Nguyễn Anh Minh, Trần Anh Tùng (2019), “Giảm tổn thất công suất cho xuất tuyến trung thế bằng biện pháp bù công suất phản kháng theo đồ thị phụ tải ngày sử dụng thuật toán di truyền”. Tạp chí Khoa học và Công nghệ năng lượng – Trường Đại học Điện Lực, số 20, trang 66-72.
- [5]. Nguyễn Thanh Hiền (2023), “Phân tích các thông số tải và tụ bù trên mô hình tụ bù Mikro PFR96 trong giảng dạy”. Tạp chí Công Thương, số 23 tháng 10 năm 2023.
- [6]. Nguyễn Văn Minh, Bạch Quốc Khánh (2017), “Tối ưu vị trí và dung lượng tụ bù trong lưới phân phối mẫu 16 nút sử dụng thuật toán di truyền để giảm tổn thất điện năng”. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, số 42, trang 20-24.
- [7]. Phan Văn Khải (2003), “Bù công suất phản kháng lưới cung cấp và phân phối điện”. NXB. Khoa học và kỹ thuật.
- [8]. Triệu Quốc Huy (2023), “Nghiên cứu giải pháp bù công suất phản kháng tại các trạm biến áp 110/22kV tỉnh Trà Vinh”. Tạp chí Công Thương, số 18 tháng 8 năm 2023.
- [9]. Mahela O.P., Goyal D.M. L. (2012), “Optimal capacitor placement techniques in transmission and distribution networks to reduce line losses and voltage stability enhancement: A review”. O. IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE), Vol. 3, Iss. 4, Pp. 01-08, Nov. – Dec.